

武蔵工業大学 学生員 堀江一弘
 武蔵工業大学 正会員 増田陳紀
 桜田機械工業(株) 正会員 鈴木康弘

武蔵工業大学 正会員 西脇威夫
 武蔵工業大学 正会員 皆川 勝

1. はじめに

現在、高力ボルトを用いた接合法の大部分は摩擦接合形式であり、高い引張強度を持つ高力ボルトの特性を利用した引張接合形式は建築構造物、特に梁-柱の接合には用いられているものの、土木構造物にはあまり用いられていない。この引張接合は、構造形式によって短締め形式と長締め形式に分類され、大形構造物となる土木構造物においては長締め形式が有利とされている。本研究では、長締め形式における挙動を把握することを目的とし、挙動に大きく影響を与えると思われるBase Plate, Rib Plateの板厚及びボルトの初期導入軸力（以下ボルト初張力と言う）の異なる試験体を用いた静的繰返し試験により、長締め形式に関する基礎的資料を得るものである。

2. 試験概要

1) 試験体 試験体はすべてSS41を用いて製作し、両端にねじ部を持つ高力ボルト（ロッド）で締付けたものである。形状・寸法を図-1に示す。試験体数はBase Plate厚及びRib Plate厚を変化させたA～Dの各々のタイプについて2種類のボルト初張力を与えた8体である。表-1に各試験体の主要寸法及びボルト初張力を示す。使用したボルトはF8TM20であり、表-2にボルトの機械的性質を示す。

2) ボルト初張力の導入 ボルト初張力の導入はボルト軸部に4枚の歪ゲージを貼布し、この平均値がボルトの応力-歪関係より得られる所定の初張力に対する歪値になるまでレンチで締付けることにより行なった。本試験体は2本のボルトで接合しているため両側のボルトを順次初張力の80%程度になるまで締付け、1かる後、両方のボルトとも所定の初張力になるまで締付けた。

3) 載荷方法 ボルト1本あたりの荷重（以下荷重はボルト1本あたりとする）が、 $0 \rightarrow 0.5B_0 \rightarrow 0 \rightarrow 0.75B_0 \rightarrow 0 \rightarrow 0.9B_0 \rightarrow 0 \rightarrow 1.05B_0 \rightarrow 0 \rightarrow 1.2B_0 \rightarrow 0 \rightarrow 0.5B_0 \rightarrow 0$ の径路をとる静的繰返し載荷とした。

4) 測定 以下のものについて測定した。

- ボルト軸歪及びBase Plate, Rib Plateの歪を測定
- Base Plate, Rib Plateのたわみ及びEnd Plate間（接合面間）の変位を測定
- 接合面間に感圧紙をはさみ圧力分布を測定。これは圧力が色の濃淡として現われるものである。

3. モデルにおけるボルト付加軸力-荷重関係

本試験体の各プレートにバネに置換バネ剛性を導入することにより、次式のようなボルト軸力-荷重関係を得る。

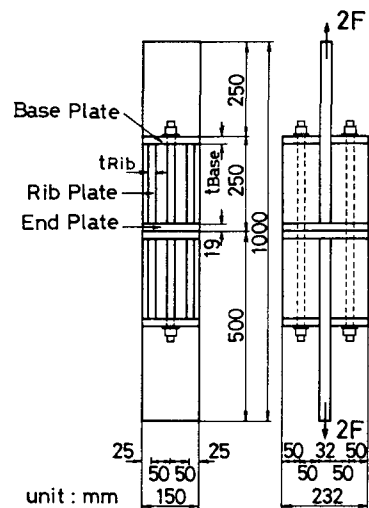


図-1 試験体の形状・寸法

表-1 試験体の主要寸法及びボルト初張力

Specimen	tBase (mm)	tRib (mm)	Bolt Pretension B_0 (ton)
A - 1	10	10	14.2
A - 2	10	10	7.4
B - 1	10	25	14.3
B - 2	10	25	7.3
C - 1	25	10	14.4
C - 2	25	10	19.0
D - 1	25	25	14.2
D - 2	25	25	17.4

表-2 ボルトの機械的性質

0.2% Offset (kgf/mm ²)	Tensile Strength (kgf/mm ²)	Elongation (%)	Reduction (%)	Young's Modulus (kgf/mm ²)
77.7	87.1	19.7	64.3	2.13×10^4

$$B = B_0 + \frac{1}{1 + K_{Rib}/\gamma \cdot K_{Bolt}} \cdot F = B_0 + \alpha \cdot F$$

ただし、 $\gamma = 1/(1 + K_{Bolt}/K_{Base})$

ここで、F: ボルト1本あたりの荷重

B: ボルト軸力

B₀: ボルト初張力

α : ボルトの付加軸力係数

K_{Bolt}: ボルトの伸剛性

K_{Rib}: 母材及び Rib Plate の縮剛性

K_{Base}: Base Plate のたわみ剛性

なお、Base Plate は一辺固定二対辺単純支持一辺自由板として取扱う。また、K_{Rib} を求めるにあたっては母材及び Rib Plate の全断面積 (A_{End}^{Model}) を考慮し、K_{Bolt} を求めるにあたってはボルト軸部の断面積を用いる。

4. 試験結果

図-2 は、ボルト軸部に貼布した歪ゲージの測定値から換算したボルト軸力と荷重との関係をボルト初張力との比で表わしたものであり、一例として試験体 D-1 について示した。図中の一点鎖線はボルトに初張力を与えない場合のボルト軸力-荷重関係である。全試験体を通じて荷重の増加に伴いボルトに付加軸力が認められ、荷重がボルト初張力の 30% ~ 50% 程度まではボルト軸力は直線的に増加している。この直線の傾き (付加軸力係数 α^{Test}) は上記のモデルより算出した付加軸力係数 α^{Model} より 1 ~ 4 倍程度大きな値である。接合面間の圧力分布の一例を図-3 に示す。また、圧力分布より測定した接触面積 A_{End}^{Test} と付加軸力係数 α^{Test} との関係を図-4 に示す。付加軸力係数における試験値とモデル値との差は、これらの図からみられるように、実際の接合面はモデルで考えたよりも局部的であり、モデルが接合面の状態を考慮していないことによるものと思われる。

表-3 は、各荷重時 (ボルト初張力の 50%, 75%, 90%, 105%, 120%) からの除荷に伴うボルト初張力の減少を百分率で示したものであり、Base Plate が剛な程、またボルト初張力が低い程、同じ比率の荷重を与えた場合のボルト軸力の減少率は小さい。

5. おわりに

長締め形式は、荷重の増加に伴いはじめからボルトに付加軸力が生じるため、その定量的評価が必要となる。本モデルに接合面の状態を考慮すれば、ある程度定量的評価が可能になると思われる。

現在、接合面の接触状態を良くした場合の試験を行っており、その結果は講演当日発表する。

<参考文献>

- [1] 高力ボルト接合の現状と今後の課題; JSSC, vol 2, No. 12, 1966. 12
[2] 高力ボルトの引張接合について; JSSC, vol 3, No. 24, 1967. 12

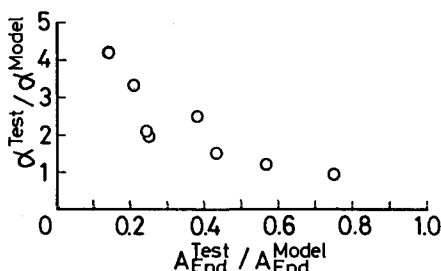


図-4 接触面積の影響

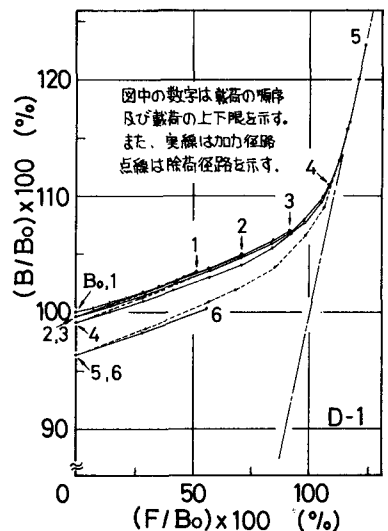


図-2 ボルト軸力-荷重曲線

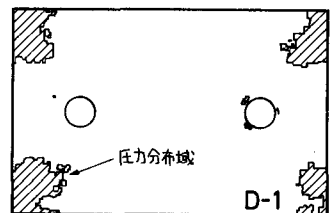


図-3 接合面の圧力分布

表-3 ボルト初張力の減少 (%)

Specimen	(F/F ₀) x 100 (%)				
	50	75	90	105	120
A A-1	—	3.5	—	48.4	100.0
A A-2	0.4	0.9	1.6	2.7	12.0
B B-1	0.3	2.2	5.6	39.0	90.0
B B-2	0.2	0.9	1.3	2.1	4.0
C C-1	0	0.2	0.5	0.9	6.2
C C-2	0.6	1.5	2.4	5.9	—
D D-1	0	0.5	0.3	0.9	3.6
D D-2	0.3	1.5	3.3	14.0	48.9